

PAT-NO: JP406230295A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06230295 A

TITLE: LIGHT DEFLECTOR AND ITS PRODUCTION,
AND DISPLAY DEVICE USING LIGHT DEFLECTOR

PUBN-DATE: August 19, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YAGI, TAKAYUKI

YAMAMOTO, TOMOKO

TAKAGI, HIROTSUGU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

CANON INC

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP05016546

APPL-DATE: February 3, 1993

INT-CL (IPC): G02B026/08

US-CL-CURRENT: 359/197

ABSTRACT:

PURPOSE: To reduce a driving voltage, to make a deflection angle large, and to facilitate miniaturization and making arrayed.

CONSTITUTION: A substrate 1 is provided with a V-shaped groove 10 on the upper surface of one side, and fixed electrodes 14 and 15 are provided on a specified position on the upper surface of the substrate 1 through an insulating layer 13. On the upper surface of the

insulating layer 13, machine
movable parts 11 supported by supporting parts 18 are
provided through spacers
16 on both end faces of the insulating layer 13, and a
space 111 is formed
between the machine movable part 11 and the upper surface
of the insulating
layer 13 by means of the spacer 16. The machine movable
part 11 is constituted
of a mirror 11a as a light deflecting board and beams 11b
respectively formed
on both ends of the mirror 11a, and one end of the beam 11b
is supported by the
supporting part 18. The supporting part 18, the beam 11b,
and the mirror 11a
are constituted of an electric conductive thin film.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-230295

(43)公開日 平成6年(1994)8月19日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 26/08

識別記号

庁内整理番号

E 9226-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平5-16546

(22)出願日 平成5年(1993)2月3日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ

ノン株式会社内

(72)発明者 山本 智子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ

ノン株式会社内

(72)発明者 高木 博嗣

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ

ノン株式会社内

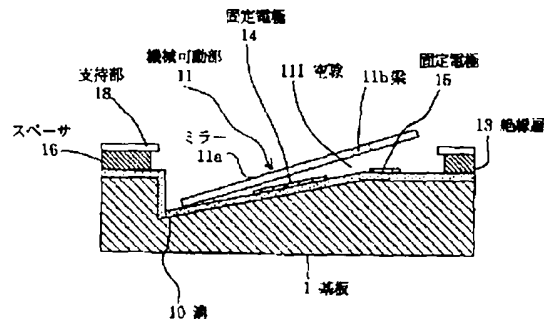
(74)代理人 弁理士 若林 忠

(54)【発明の名称】 光偏向器、その作製方法、および光偏向器を用いた表示装置

(57)【要約】

【目的】 駆動電圧を低減でき、かつ、偏向角を大きく取ることができる、小型化かつアレイ化が容易である。

【構成】 片側上面にV型の溝10を設けた基板1を有し、基板1の上面には絶縁層13を介して固定電極14および固定電極15が所定位置に設けられている。絶縁層13上面には支持部18に支持された機械可動部11が絶縁層13の両端面にそれぞれスペーサ16を介して設けられており、スペーサ16によって機械可動部11と絶縁層13上面の間に空隙111が形成されている。機械可動部11は、光偏向板としてのミラー11aとこの両端にそれぞれ形成される梁11bからなり、梁11bの一端が支持部18に支持されている。また、支持部18、梁11b、ミラー11aは電気導電体薄膜より構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 上面に少なくとも一つ以上の固定電極を設けた基板と、該基板上に空隙を介して形成した機械可動部を有し、前記固定電極に電圧を印加することにより前記機械可動部を固定電極方向に空間的に変位させて前記基板に入射する光を偏向する光偏向器において、前記機械可動部が、電気導電体薄膜からなり、かつ、光偏向板を備えており、前記基板には、前記機械可動部を変位させたときの光偏向板の少なくとも一方の自由端が入る溝が穿設されていることを特徴とする光偏向器。

【請求項2】 機械可動部が光偏向板と、該光偏向板を支持するとともにねじり回転する梁からなることを特徴とする請求項1に記載の光偏向器。

【請求項3】 溝がV型形状である請求項1に記載の光偏向器。

【請求項4】 固定電極の少なくとも一つがV型溝の一边に設けられていることを特徴とする請求項3に記載の光偏向器。

【請求項5】 固定電極が光偏向板下部の溝が穿設されていない基板面上に配設されたことを特徴とする請求項1に記載の光偏向器。

【請求項6】 固定電極上に誘電体薄膜を形成してなることを特徴とする請求項2に記載の光偏向器。

【請求項7】 光偏向板が固定電極上に形成した誘電体薄膜面に面接触することを特徴とする請求項6に記載の光偏向器。

【請求項8】 機械可動部が、溝が穿設されていない基板面上に設けたコンタクトを介して形成した支持部と片持ち板とからなり、該片持ち板が光偏向板となることを特徴とする請求項1に記載の光偏向器。

【請求項9】 機械可動部がたわみ板と、たわみ板の自由端となる一端面上に設けた光偏向板と、前記たわみ板の他端面を溝が穿設されていない基板面上に固定するコンタクトからなることを特徴とする請求項1に記載の光偏向器。

【請求項10】 空隙が溝のみからなることを特徴とする請求項9に記載の光偏向器。

【請求項11】 電気導電体薄膜が金属薄膜からなることを特徴とする請求項1に記載の光偏向器。

【請求項12】 基板上に薄膜形成方法を用いて作製する光偏向器の作製方法において、前記基板に溝を形成する工程と、前記溝に形成した基板に固定電極を形成する工程と、前記溝を埋め込み材料により埋め込み平坦化する工程と、平坦化した基板上に光偏向板を有する機械可動部を形成する工程と、前記埋め込み材料を除去する工程を用いて作製することを特徴とする光偏向器の作製方法。

【請求項13】 請求項1に記載の光偏向器を複数用い、各々の光偏向器が他の光偏向器とは独立に変位するための変位手段を有し、画像表示を行うことを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特に機械可動部を用いて光制御を行う小型の光偏向器、その作製方法、光偏向器を用いた表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、主な光偏向器には、カメラ等の光量調整に用いられる機械式絞リ、液晶セルまたはPLEZT等の強誘電体材料の電気光学効果を用いて背面から照射された光量を微小面積で制御する固体化光シャッター（電子写真学会誌、第30巻、第4号、1991、p447～494）等がある。中でも上記光シャッターは、光ファイバー伝送路や末端装置の切り替えのために用いられる光スイッチ等の光偏向器、一次元にアレイ化することにより表示装置として電子写真式プリンタの光プリンタヘッド、液晶セルを2次元面配置する液晶ディスプレイ等の様々な応用が検討されている。

【0003】機械式光偏向器は、光スイッチ等の光通信用光学素子としては光の波長によらず偏向や選抜が可能であるため、多重波長光源を使用する場合や、光源の波長変動等がある場合において有用であるが、高速応答性、小型化、アレイ化等の点で固体化光シャッターに比べて劣り、応用分野が限られている。

【0004】ところで、近年半導体フォトリソプロセスを用いた極めて小型の可動機構を有する微小機械がマイクロメカニクス技術により検討されている。これら微小機械は、半導体フォトリソプロセスにより作製されアレイ化、低コスト化が容易であり、小型化することで高速応答性を期待できる。マイクロメカニクス技術を用いた機械式光学素子である光偏向器としては、K. E. Petersen等により提案されたシリコンによるTorsional Scanning Mirror(IBM J. RES. DEVELOP., VOL.24, NO.5, 9, 1980, p631-637)及びDisplay device(U.S. Pat. No. 4,229,732)、L. J. HornbeckのA1薄膜を用いた空間光変調器（特開平2-8812号公報参照）等が提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】これら機械式光学素子は、図29に示すように機械可動部3が光偏向板としてのミラー3aとミラー3aを支持する梁3bからなり、ミラー3aと基板上に形成した固定電極2との間に駆動電圧を印加し生じる静電引力により梁にねじりモーメントを与えねじり回転し、ミラー3aの偏向角度を変えるものである。ミラー部の最大偏向角はミラー部と基板との空隙間隔(t0)にて一義的に決定される（図29参照、図29は従来の光偏向器を示す図である）。光偏向

器においては偏向角が大きいほど良く、これには空隙間隔を大きくとる必要がある。光偏向器を複数配置し電子写真式プリンタの光プリンタヘッドやディスプレイ等の表示装置に応用する場合、偏向角を大きくとり光学系との空間的配置を小さくすることが表示装置を小型化する上で好ましい。小型化する上で重要な他の要素としては個々独立に光偏向器を駆動するための駆動回路のIC化が必要であり、集積化が可能であることが必要となる。また、周辺回路のコストを下げるためにもIC化による消費電力の低減等が必要となる。PetersenによるTorsional Scanning Mirrorにおいては、ガラス基板とミラー及びそれを支持する梁を形成したSiを接合するために小型化する上で接合時のアライメント及び作製時のハンドリング等の点で問題があり、アレイ化し集積化することが困難となり、上記プリンター及びディスプレイ等の表示装置への応用は難しい。

【0006】集積化が可能なPetersen等のDisplay device及びHornbeckの空間光変調器においては、空隙間隔を大きく取るとは、固定電極と電気導電体であるミラー部との距離が増しミラーを回転するに必要な回転モーメントを大きくすることとなり駆動電圧を上げる必要がある。逆に、低電圧を図るには空隙間隔を短くし偏向角を抑える必要があり、集積化可能な機械式の光偏向器を表示装置に用いる場合、駆動電圧の低減化と大偏向角化は合い矛盾する課題であった。

【0007】本発明は、上述のような従来技術の有する問題点に鑑みてなされたものであって、駆動電圧を低減でき、かつ、偏向角を大きく取ることができる、集積化が可能な小型化かつアレイ化が容易な光反射型の機械式光偏向器、その作製方法、および光偏向器を用いた表示装置を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明は、上面に少なくとも一つ以上の固定電極を設けた基板と、該基板上に空隙を介して形成した機械可動部を有し、前記固定電極に電圧を印加することにより前記機械可動部を固定電極方向に空間的に変位させて前記基板に入射する光を偏向する光偏向器において、前記機械可動部が、電気導電体薄膜からなり、かつ、光偏向板を備えており、前記基板には、前記機械可動部を変位させたときの光偏向板の少なくとも一方の自由端が入る溝が穿設されていることを特徴とし、前記機械可動部が光偏向板と、該光偏向板を支持するとともにねじり回転する梁からなるものや、前記溝がV型形状であるもので、前記固定電極の少なくとも一つがV型溝の一辺に設けられていることを特徴とするものや、前記固定電極が光偏向板下部の溝が穿設されていない基板面上に配設されたことを特徴とするものや、前記固定電極上に誘電体薄膜を形成してなるもので、前記光偏向板が固定電極上に形成した誘電体薄膜面に面接触することを特徴とするもの

や、また、上記機械可動部が、溝が穿設されていない基板面上に設けたコンタクトを介して形成した支持部と片持ち板とからなり、該片持ち板が光偏向板となるものや、機械可動部がたわみ板と、たわみ板の自由端となる一端面上に設けた光偏向板と、前記たわみ板の他端面を溝が穿設されていない基板面上に固定するコンタクトからなるもので、空隙が溝のみからなるものでもよい。

【0009】また、前記電気誘電体薄膜が金属薄膜からなるものでもよい。

【0010】基板上に薄膜形成方法を用いて作製する光偏向器の作製方法において、前記基板に溝を形成する工程と、前記溝に形成した基板に固定電極を形成する工程と、前記溝を埋め込み材料により埋め込み平坦化する工程と、平坦化した基板上に光偏向板を有する機械可動部を形成する工程と、前記埋め込み材料を除去する工程を用いて作製することを特徴とする。

【0011】さらに、上述の光偏向器を複数用い、各々の光偏向器が他の光偏向器とは独立に変位するための変位手段を有し、画像表示を行うことを特徴とする表示装置である。

【0012】

【作用】上述のように構成された本発明の光偏向器では、基板上に設けられた固定電極に電圧を印加すると、基板上に形成した機械可動部に備えられた光偏向板と固定電極との間に静電引力が生じ、該光偏向板は固定電極方向に引き付けられて空間的に変位する。このとき、光偏向板の少なくとも一方の自由端が入る溝が基板に穿設されているので、機械可動部を駆動させた際の光偏向板の空間変位量が大きくとれる。これにより、基板に入射する光は前記光偏向板により大きな角度で偏向される。

【0013】そして、基板に光偏向板の少なくとも一方の自由端が入る溝が設けられたことにより、大きな偏向角度を必要とするときに従来のように固定電極と機械可動部との間の空隙間隔を長く設ける必要がないので、省電力化が図れる。

【0014】

【実施例】次に本発明にかかる光偏向器、その作製方法、光偏向器を用いた表示装置の実施例について図1乃至図28の図面を参照して詳細に説明する。

【0015】(第1実施例)図1は本発明の光偏向器の第1実施例を示す平面図であり、図2は図1のA-A線断面図である。

【0016】本発明の光偏向器は図2に示すような片側上面にV型の溝10を設けた基板1を有し、基板1の上面には絶縁層13を介して固定電極14および固定電極15が所定位置に設けられている。さらに絶縁層13上面には図1に示すような支持部18に支持された機械可動部11が絶縁層13の両端面にそれぞれスペーサ16を介して設けられており、スペーサ16によって機械可動部11と絶縁層13上面の間に空隙111が形成され

ている。機械可動部11は、光偏向板としてのミラー11aとこの両端にそれぞれ形成される梁11bからなり、図1に示すように梁11bの一端が支持部18に支持されている。また、支持部18、梁11b、ミラー11aは電気導電体薄膜より構成されている。

【0017】前記固定電極14は、可動時にミラー11aの自由端が溝10の絶縁層13に接触しても固定電極14とミラー11aが接触することがないように絶縁層13上に配置されている。固定電極15についても同様にミラー11aの他方の自由端が絶縁層13に接触した

10 際に固定電極15とミラー11aが接触しない配置とされる。上述のように溝10を設けることで偏向角度が大きくとれるとともに、実行的に固定電極14および固定電極15とミラー11aの距離は小さく取ることが可能となる。

【0018】図3は本発明の光偏向器の第1実施例の動作原理を示す動作説明図である。この図には示していないがミラー11aは梁11bを介して支持部18（図1参照）にて電気的に接地されている。固定電極14、15に電圧が印加されていない時ミラー11aは絶縁層13

20 上面と距離 t_1 を隔てた平行な面で停止している。このとき固定電極14に電圧 V_a を印加すると、ミラー11aが固定電極14に引き寄せられて梁11bがねじれ、ミラー11aの一方の自由端が基板に形成した溝10（図2参照）に接触する。この時、接地時のミラー11aの停止位置に対して溝10に接触したときのミラー11aの位置が角度 β を成す（このときの接地時のミラー11aの停止位置と溝との空隙間隔は t_2 である）。次に、固定電極14への電圧印加を止めて固定電極15に電圧を印加するとミラー11aの他方の自由端が絶縁層

30 13に接触し、これにより接地時のミラー11aの停止位置に対して溝10に接触したときのミラー11aの位置が角度 α を成す。このようにしてミラー11aの梁12を中心とした回転角度が決定し、ミラー11aに光を照射することにより光の偏向角度を $(\alpha + \beta)$ まで変える。この偏向角度 α および β は、ミラー11aの長手方向の長さ、ミラー11aと絶縁層13との空隙間隔 t_1 、V型の溝10（図2参照）の配置により一義的に決定される。

【0019】本発明の実施例ではミラー11aの形状を梁11bに対して非対称の片持ち支持形状としたが、対称の形状となってもよいことは言うまでもない。しかし、ミラー11aを梁11bに対して非対称形状とすることで偏向角度 α を大きく取ることが可能となる。ミラー11aを梁11bに対して対称とする場合には、固定電極15の側にも溝を設けることで偏向角度 α を大きく取ることが可能であり、他の方法として基板に対する溝の成す角度 θ を大きく取ることにより偏向角度 β を大きくしても良い。

【0020】図4は本発明の光偏向器の第1実施例の動

作による偏向動作図である。図4において、基板1の垂線と角度 Ω をなして入射した入射光2は、固定電極15に電圧を印加することにより図中の反射方向4（破線にて指示）に偏向される。固定電極15の電圧印加を止め固定電極14に電圧を印加することにより入射光2は反射方向3（破線にて指示）に偏向される。すなわち最大偏向角として $(2\alpha + 2\beta)$ を得ることができる。また、本発明の光偏向器ではミラーの自由端がV型溝の一边に接触するために溝を設けていないものに比べて、スペーサ16の高さ（図3に示した距離 t_1 に相当する）が変動した場合にも溝の傾斜により空隙間隔の変動を補正するように働き、偏向角のずれを低減する効果も得ることができる。

【0021】次に、本発明の光偏向器の作製方法について説明する。図5乃至図7のそれぞれは、本発明の光偏向器における溝の作成方法を示す図である。

【0022】溝の形成、特にV型溝の形成においては、Siの結晶面によりエッチング速度が異なることを利用した異方性エッチング(D. M. Allen et al., "Anisotropic Etching of Silicon", IEEE Proc., Vol. 130, Pt. 1, No. 2, 1983, pp. 49-56)を用いることによりV型溝を形成することが可能である。異方性エッチングを用いるエッチング液としてはアルカリ金属水酸化物水溶液(KOH, NaOH, CsOH等)やアミン系水溶液(ヒドラジン、エチレンジアミン等)等があり、金属イオンによる基板の汚染を考えた場合金属イオンを含まないTEAH(tetraethyl ammoniumhydroxide)、TMAH(tetramethyl ammoniumhydroxide)等のエッチング水溶液(O. Tabata et al., "Anisotropic Etching of Silicon with Quaternary Ammoniumhydroxide Solutions", TECHNICAL DIGEST OF THE 9TH SENSOR SYMPOSIUM, 1990, pp. 15-18)が好ましい。図5に示すように、例えば、(100)面を表面とするSi基板1に適当な形状にフォトリソグラフィによりパターンニングしたシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、金属膜等のエッチング液に耐性を有するエッチングマスク5を施し、異方性エッチングを行うことによりV型溝を得ることが可能である。また、図6に示すように、V型溝の面は(111)面からなり、Si基板1の切り出し面を(111)面に対して θ の角度を切り出し、その面を表面として異方性エッチングとすれば一辺の長いV型溝を精度良く作製することが可能である。

【0023】他のV型溝の形成方法としては、フォトリジストをマスクとし、マスクと基板とのエッチング速度の差を利用して、基板に溝を作製する斜め方向からのイオンエッチング方法がある(S. Matsui et al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 19, pp. L126-L128, 1980, または佐野等、応用物理、第48巻、第6号、pp. 539-544、1979)。この方法では、基板の結晶面によらずに所望の角度のV型溝を作製することが可能である。また、他のV

型溝の形成方法としてはフォトレジストをフォトリソグラフィプロセスを用いて露光現像しV型溝を形成した後に、半導体プレーナプロセスの絶縁層平坦化技術の一つであるエッチバック法(Y. Homma et al., J. Electrochem. Soc., Vol. 126, pp1531-1533)があり、この方法を用いてフォトレジストに形成したV型溝を基板にイオンエッチングし転写して行う。

【0024】フォトレジストを現像しV型溝を形成する方法としては、W.E. Feelyにより提案されたハーフトーンのマスクを用いてマイクロ構造体を形成する方法を用いる("MICRO-STRUCTURES", IEEE SOLID-STATE SENSOR AND ACTUATOR workshop, Hilton Head Island, June 6-9, 1988, pp13-15)。この形成方法の概略を図7に示す。図7において一部がハーフトーン8となるフォトマスク7に光を照射し、フォトレジスト6を露光しV型溝を形成する。この図ではハーフトーン8は4階調として示してあるがV型溝を得るためにはハーフトーン8はなだらかに透過量が変化するものである必要がある。また、フォトレジスト6としてはポジ型レジストを用いている。

【0025】本発明の光偏向器の第1実施例の作製工程を以下に説明する。図8は、本発明の光偏向器の第1実施例の作成工程を示す工程図である。

【0026】まず、Siからなる基板1上にV型の溝10を上記した異方性エッチングにより形成する(図8(A))。この時、図6をもとにして説明した角度 θ が 19.4° のシリコン基板を使用した。これによりV型溝の一方の(111)面は基板1と垂直な面となり、溝の最大深さは $3.5\mu\text{m}$ となった。

【0027】次いで、図8(B)に示すようにV型溝10を有するSi基板1を、 1100°C に加熱した酸化炉に投入し酸素と水素の混合酸化ガスを導入して絶縁層13となる $1\mu\text{m}$ の熱シリコン酸化膜を形成し、次いで固定電極14、15となるポリシリコン膜を減圧CVD(LPCVD)により 1500\AA 成膜し、その後イオン注入法によりリン(P)を $1 \times 10^{15}(\text{ions}/\text{cm}^2)$ 注入し、 1100°C の窒素雰囲気中で1時間拡散処理を施した。この結果ポリシリコン膜のシート抵抗は $12\Omega/\square$ となった。前記ポリシリコン膜にフォトレジスト100を塗布し露光、現像を行うフォトリソグラフィプロセスを用いてフォトレジストのパターニングを施し、フッ酸と硝酸の混合水溶液によりポリシリコンをパターン形成した後にレジストを剥離し、図8(C)に示す固定電極14、15を形成した。

【0028】次に、図8(C)に示すように溝10を埋め込み平坦化し、スペーサ16を形成する。ここでは、溝10の埋め込みとスペーサ16(図2参照)を同時に形成する方法としてフォトレジスト116を塗布した。フォトレジスト116はヘキスト(Hoechst)社製フォトレジストである商品名AZ1350Jを溶剤により適当な粘度にして塗布し、平滑な面が形成されるまで塗布

を繰り返して行った。その後、スペーサ厚み(図3に示した距離 t に相当する)が $0.5\mu\text{m}$ となるよう CF_4 ガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)によりエッチバックを行った。

【0029】さらに、ミラー11aおよびねじり回転を行う梁11b(図2参照)となる電気導体薄膜においては、図8(D)に示すようにスパッタリング法を用いてアルミニウム(A1)をアルゴンによりスパッタリングし 3000\AA のA1を薄膜堆積し形成した。スパッタリング時の基板ホルダーの温度を 5°C に設定し成膜時の熱応力を抑えた。

【0030】次に、図8(E)に示すようにフォトレジスト101を塗布しフォトリソグラフィプロセスによりパターニングし、A1を BCl_3 と Cl_2 との混合エッチングガスによりRIEにてパターニングを行う。

【0031】引き続きRIEを用いて酸素プラズマによりA1膜117上部、ミラー11aおよび梁11b下部のフォトレジスト116をエッチング除去し空隙111を形成した。この時のエッチング条件は酸素 100cm 以上、エッチング時のガス圧力 20Pa 以上とし、サイドエッチを大きく取る条件を採用した。以上の作製工程により図8(F)に示す光偏向器を得ることができた。

【0032】作製した光偏向器は、図1においてミラー11aの梁11bに片持ち支持された長い方の自由端の長手方向を $9.5\mu\text{m}$ 、幅の長さを $10\mu\text{m}$ とした。固定電極14に電圧を 30V 印加した時、ミラー11aの自由端が溝の斜面に接触し、この時のミラー11aと基板1との成す角度は 20.6° (図3の角度 β)となった。基板1にV型溝10を形成せずに図8(B)以降の作製工程により空隙をスペーサにて形成しミラー11aが基板1と接触した時の電圧を測定したところ 40V が必要であった。本発明の第1実施例では基板に形成したV型溝の一边に固定電極を形成することによりミラーと固定電極の空隙間隔が短くなり従来に比して静電引力が増し、低電圧化を図ることが可能となった。さらに、低電圧化するには、図8(D)でのA1の膜厚を薄膜化すれば良く、また、他の方法としては梁部のみを薄膜化しても良く、半導体基板上に形成した駆動回路によってもミラー駆動することが可能となる。このようにして作製した光偏向器は極めて小型かつ計量にアレイ化して作製できる。

【0033】次に本発明の光偏向器の第1実施例の他の固定電極配置、および溝形状の例について図9乃至図11をもとに説明する。図9は本発明の光偏向器の第1実施例における固定電極を基板面上に配置した場合の図であり、図10および図11のそれぞれは、本発明の光偏向器の第1実施例における固定電極を基板上に配置するとともに、溝形状を凹型にした場合の図である。

【0034】図9に示す光偏向器は固定電極の配置以外

10

20

30

40

50

において同様の構成を示しており、溝の一边に固定電極を形成した場合に比して電気導電体薄膜であるミラー21aと固定電極24の間がより短くなり、低電圧化を図ることが可能となる。

【0035】また、図10は溝形状が凹型の溝30として基板をエッチングすることにより形成され、ミラー31aの自由端は溝30の底面に接触している。溝形状はこの図に示すような垂直に基板をエッチングする方向性のあるエッチングの必要はなく、固定電極34と電気導電体であるミラー31aが接触しなければ良く、化学反応を利用する等方性エッチングにて形成した溝形状でも良いことは言うまでもない。

【0036】図11に示すような凹型溝40では溝40の端部にミラー41の下面が接触し光の偏向角度を安定して保つことが固定電極44、ミラー41aおよび梁41bの空間配置により可能となる。この場合、固定電極の空間配置については、図9、10に示した例に比べて、制限が緩やかとなる。

【0037】図12は本発明の光偏向器の第1実施例の支持部の他の構成を説明する斜視図である。図1ではミラー11aおよび梁11bの支持部18をミラー11aの一面と同一面で保持したが、図12では基板上に設けたコンタクト59を介してミラー51aおよび梁51bを支持する支持部58を設けた。このように支持部58を配置することにより図1の支持部18の面における入射光の反射を抑えることが可能となる。また、支持部18を固定するスペーサ16をなくすことができ、本発明の光偏向器を複数配置した際の光偏向器の隣合う距離を短くすることが可能であり、より高密度に光偏向器を配置することが可能となる。このような構成を取るにあたっては、図8に示した作製工程において図8(C)で埋め込み及びスペーサを形成した後にフォトレジスト116の一部にコンタクトホールを開け基板の一部を露出した後にA1膜を成膜し同様の工程を経ることにより作製する。図12の構成では埋め込み部分とスペーサ部分を除去することとなる。スペーサをなくしたことによる他の効果としては、従来技術で述べた空間光変調器（特開平2-8812号公報）および図1に示す実施例のようにスペーサとして有機高分子からなる膜を残す場合に比べて、例えば光源の異常加熱などによる外的な不慮において光偏向器の温度が著しく上昇しても熱収縮や熱固化などの熱的ダメージに敏感な有機高分子がない為に熱損傷などが発生しにくい熱耐性の高い光偏向器となる。ところで、偏向を行うための電圧印加の方法としては第1実施例では示さなかったが、固定電極54および固定電極55への電圧印加の方法として図12に示すような直流電圧源にスイッチを取り付けて固定電極への電圧印加を切り替えることも可能である。本発明の電圧印加の方法として共通に用いることが可能である。スイッチとして、図8(B)、(C)の工程上で、基板面または溝の

一边に成形したMOSトランジスタを用い集積化を図ることとなる。

【0038】（第2実施例）図13は、本発明の光偏向器の第2実施例の構成を説明するための断面図である。本発明の光偏向器の第1実施例と比して、固定電極64および固定電極65上に誘電体薄膜67が形成してある。固定電極上に誘電体薄膜を設けることによりミラー61aが固定電極64、65に接触し電気的に導通することを防ぐことが可能であり、固定電極64、65とミラー61aとの配置の限定が緩やかに成る。さらにミラー61aの一方の片持ち板がV型溝60の一边上に設けた誘電体薄膜67の表面に面接触しており、ミラー61aの反り等があってもミラー61aが静電引力により誘電体薄膜67に面接触するために、ミラー面がV型溝の誘電体薄膜面の表面精度をそのまま反映することとなり、ミラー61aの反りによる偏向面積の低下などの問題を低減することが可能となる。さらにミラー61aの偏向角度はスペーサ厚みに依らず基板の面にて固定されることとなり、偏向角度のずれ等の問題を回避できる。

【0039】図14は本発明の第2実施例の他の構成を説明するための断面図を示す。図14ではミラー71aの他方の片持ち板自由端が基板面に形成した固定電極75上の誘電体薄膜77に面接触するものである。これにより、図13に示す実施例と同様にミラー71aの反りに対して基板の面精度を反映し偏向面積の角度の補償を可能にする。なお誘電体薄膜77は固定電極74、75と電気導電体であるミラー71aとの絶縁性を保つと同時に、ミラー71aが固定電極75を介して接触した際に、接触していない時と比べ電気容量がその比誘電率に比例して増加、する。このため、誘電体薄膜77は固定電極75とミラー71aとの間に生じる静電引力を大きくする効果がある。すなわち、低電圧にてミラー71aが膜の内部応力によって反っていてもミラー71aと誘電体薄膜77との密着性を上げることが可能である。よって比誘電率の大きい、すなわち強誘電性を示す誘電体薄膜はより好ましい。

【0040】次に、図14に示した光偏向器の作製工程の一例を図15をもとに説明する。図15は、本発明の第2実施例の作製工程図である。

【0041】まず、図15(A)に示すように、Siからなる基板上にV型溝を前述の斜め方向からのイオンエッチング方法を用いて形成した。イオンエッチング装置によりArイオンを加速電圧1.5kV、イオン電流1.5mAの条件でSi基板をイオンの入射角に対して70°に設置し、グレーティング形状にパターニングしたフォトレジストをマスクとして用い、角度θ（図3参照）が17°のV型の溝70をシリコン基板に形成した。これによりV型溝70の溝の最大深さは3μmであった。

【0042】次いで、このV型溝70を有するSi基板

11

を1100℃に加熱した酸化炉に投入し酸素と水素の混合酸化ガスを導入して図15(B)に示す絶縁層73となる1 μ mの熱シリコン酸化膜を形成する。次にA1膜174をスパッタリング法により1000Å成膜し、塗布、露光、現像しパターンニングしたフォトレジスト102をマスクとして用い(図15(B))、A1膜174をBCl₃とCl₂との混合エッチングガスにより反応性イオンエッチング(RIE)にてパターンニングを行って図12(C)に示すように固定電極74、75を形成した。そして、固定電極74、75上にスパッタリング法によりA1をターゲット材料とし窒素ガスをスパッタリングガスとして反応性スパッタリングを行いA1Nからなる誘電体薄膜77を成膜した。

【0043】次に、溝70を埋め込み平坦化し、スペーサ76(図14参照)を形成する。ここでは、溝の埋め込みとスペーサ76(図14参照)を同時に形成する方法として図15(D)に示すようなフォトレジスト176を塗布した。ここでフォトレジスト176としてはヘキスト(Hoechst)社製ポジ型フォトレジストである商品名AZ4620を用い、これを溶剤により適当な粘度にして塗布し、平滑な面を形成した。スペーサ厚み(図3に示したt₁)が1.5 μ mとなるようCF₄ガスをを用いた反応性イオンエッチング(RIE)によりフォトレジスト176のエッチバックを行った。

【0044】次に、図15(E)に示すように、フォトレジスト176にV型溝を前述のハーフトーンのマスクを用いたマイクロ構造体を形成する図7の方法を用いて形成した。フォトレジスト176に形成したV型溝は基板上に形成したV型溝の角度とほぼ同様に成るようにしてある。ハーフトーンのマスクは石英基板上にフォトリソグラフィ時の露光の遮光部となるクロムの厚みを調整して形成してある。

【0045】そして、図15(F)に示すように、真空蒸着法の一つである抵抗加熱蒸着法によりタングステン(W)ボートを用いて金(Au)を3000Å薄膜堆積し、ミラーおよびねじり回転を行う梁となるAu薄膜171を形成した。次に、金(Au)の表面にフォトレジスト103を塗布してフォトリソグラフィプロセスによりパターンニングし、このパターンによりAuをヨウ素及びヨウ化カリウムからなるエッチング水溶液にてエッチングし、その後RIEを用いて酸素プラズマによりAu上部およびミラーおよび梁の下部のフォトレジスト103、176をエッチング除去し図14に示す光偏向器を作製した。酸素プラズマによるフォトレジストのエッチング条件は第1実施例の作製条件と同様である。フォトレジストを除去した後、固定電極75の誘電体薄膜77にミラー71aが面接触する位置に梁71bのパターンを形成した。このようにして作製した光偏向器の固定電極75に電圧10Vを印加したところミラー71aが誘電体薄膜77に接触したが、ミラー71aの自由端は基

12

板上方に1 μ m反っていた。さらに電圧を上げて30V印加したところミラー自由端も基板に接触し、面接触することが可能となった。本発明の光偏向器は、ミラーが反っていてもミラーの偏向面の角度補償をすることが可能となった。

【0046】(第3実施例)図16は本発明の光偏向器の第3実施例の構成を説明するための斜視図であり、図17はその断面図である。

【0047】溝80を有する基板8上には絶縁層83を介して固定電極84が設けられており、絶縁層83上にはコンタクト89を介した支持部81bによりミラー81aが片持ち板形状となって支持されている。ミラー81aおよび支持部81bは機械可動部81とされ、固定電極84に電圧を印加することによりミラー面が静電引力により固定電極84側に変位する。このとき、ミラー81aの根本となる支持部81bとのL形の部分および支持部81bとコンタクト89とのL形の部分で変形し、ミラー面は変形しない。図17に示すように、固定電極84に電圧を印加しない時のミラー停止位置を基板面からの距離t₃で表し、ミラー81aの自由端が溝80の一边に接触する時のミラー停止位置からの距離をt₄とする。溝がない場合、光偏向器の最大偏向角度は距離t₃とミラー81aの長手方向の長さにより決定するが、本実施例に示すような溝80を形成することにより偏向角度をさらに大きくすることが可能となる。また、固定電極84とミラー81aとの距離は偏向角度に対して実行的に短くなり、低電圧化を図ることが可能となっている。さらに、本実施例の光偏向器ではスペーサを除去してあり、アレイ化するに適した構成を持つことは図12に示す第1実施例について述べた光偏向器と同様の理由により明らかである。図17においてコンタクト89が絶縁層83に形成されてあるが、基板と電氣的に接地する場合はコンタクト89を基板と電氣的に接触するように絶縁層83にコンタクト用の窓を開け電氣的に接続するようにしても良い。

【0048】次に、上述の光偏向器の第3実施例の作製工程の一例を図18をもとに説明する。図18は、本発明の光偏向器の第3実施例の作製工程図である。

【0049】まず、図18(A)に示すように、Siからなる基板上にV型溝を上述した異方性エッチングにより形成した。この時、角度 θ (図6参照)が19.4°のシリコン基板を使用した。これによりV型溝の一方の(111)面は基板と垂直な面を取り、溝の最大深さは3.5 μ mであった。

【0050】次に、そのV型溝を有するSi基板にシリコン窒化膜を減圧CVD(LPCVD)により3000Å成膜し絶縁層83を形成した。固定電極となるポリシリコン膜184をLPCVDにより620℃にて1500Å成膜し、その後にイオン注入法によりリン(P)を1 $\times 10^{16}$ (ions/cm²)注入し、1100℃の

13

窒素雰囲気中で1時間拡散処理を施した。この結果、ポリシリコンのシート抵抗は $12\Omega/\square$ となった。ポリシリコン膜184にフォトリソグロフィプロセスを用いてフォトリソグロフィ104を塗布し、露光、現像を行うフォトリソグロフィプロセスを用いてフォトリソグロフィ103にパターンニングを施し(図18(B))、反応性イオンエッチング法(RIE)によりエッチングガスとして CF_4 を用いポリシリコン膜184をパターン形成した後にレジストを剥離し、図18(C)に示す固定電極84を形成した。そして、図18(C)に示すように固定電極上に最終的に除去して空隙部分となるシリコン酸化膜186をバイアス・スパッタリング法(年間Semiconductor World.プレスジャーナル, 1984.10.pp121-128)を用いて成膜した。具体的には、基板に(-200V)のバイアス電圧を印加することにより、溝を埋め込み、かつ、平坦化したシリコン酸化膜186を形成し、図17に示した距離 t_3 が $1.5\mu m$ となるようにシリコン酸化膜186を CF_4 ガスをを用いてエッチバックした。エッチバックの際に成膜したシリコン酸化膜の平坦化をさらに増すためにレジストを塗布しエッチバックすることにより平坦化を上げた。シリコン酸化膜186は、図18(C)に示すようにコンタクト89を形成する為に一部フォトリソグロフィにより除去してある。シリコン酸化膜の除去は、レジストをマスクとしてエッチングした時の膜側面が基板に垂直になるように CHF_3 と CF_4 の混合ガスをを用い反応性イオンエッチングにて行った。

【0051】次いで、図18(D)に示すようにミラー、支持部、およびコンタクトとなる電気導電体薄膜としてポリシリコン膜181を用い、シリコン酸化膜186上にLPCVDにより600℃にて3000Å成膜し、その後イオン注入法によりリン(P)を $1 \times 10^{16}(\text{ions}/\text{cm}^2)$ 注入し、1100℃の窒素雰囲気中で3時間拡散処理を施した。この結果、ポリシリコン膜の応力は圧縮性応力であり、 $1.2 \times 10^6 \text{ dyn}/\text{cm}^2$ となった。コンタクト89のシリコン酸化膜のステップ上のポリシリコンは薄膜化し、変形しやすくなっている。

【0052】そして、図18(E)に示すようにミラー、支持部、およびコンタクトとなるように電気導電体薄膜181にフォトリソグロフィによりフォトリソグロフィ105をパターンニングし、固定電極84であるポリシリコンと同様のエッチング方法を用いて行った。

【0053】最後に、フッ酸水溶液にてバイアス・スパッタリング法により形成したシリコン酸化膜186をエッチング除去し図18(F)に示す本実施例の光偏向器を作製した。

【0054】以上の作製工程にて、図16、17に示した本発明の光偏向器を作製した。このように支持部81bを配置することにより図12に示した光偏向器と同様に支持部での入射光の反射を抑えることが可能であり、

14

スペーサをなくすことにより本実施例の光偏向器を複数配置した際の光偏向器の隣合う距離を短くでき、より高密度に光偏向器を配置することが可能であり、熱損傷等が発生しにくい熱耐性の高い光偏向器となる。さらに、ミラーが片持ち板の形状を取ることににより、光偏向器が温度上昇した場合でも、基板とミラーとの熱膨張係数差により生じるミラーへの熱応力による機械的な変形を回避できる。また、第1および第2実施例で示したと同様に基板に溝を形成したことにより偏向角度を大きく取れると同時に低電圧化を図ることも可能となった。

【0055】(第4実施例)図19は本発明の光偏向器の第4実施例の構成を説明するための斜視図であり、図20はその断面図である。

【0056】溝90を有する基板101には、絶縁層93を介して固定電極94が設けられており、絶縁層93を伴う基板101にはたわみ可能なたわみ板91bがコンタクト99を介して片持ち板形状に支持され、さらにたわみ板91bにミラー91aが設けられている。固定電極94に電圧を印加することによりミラー面が静電引力により固定電極94側に変位する。このとき、たわみ板91bは撓むが、ミラー面は変形しない。固定電極94に電圧を印加しない時のミラーは基板と同一平面上に停止している。第1から第3実施例で示したような支持部およびスペーサなどは本実施例の光偏向器では設けておらず、溝の深さにて偏向角が決定され、作製工程においてもスペーサを形成することなく溝の埋め込みのみでよい。固定電極とミラーとの距離は偏向角度に対して実行的に短く成り、低電圧化を図ることが可能となっている。本実施例の光偏向器ではスペーサを必要とせず、アレイ化するに適し且つ熱的安定性のある構成を持つことは図12に示した第1実施例の説明および片持ち板形状をもつ第3実施例と同様の理由により明らかである。図20においてコンタクト99が絶縁層93上に形成されているが、基板を電気的に接地する場合はコンタクト99を基板と電気的に接触するように絶縁層93にコンタクト用の窓を開け電気的に接続するようにしても良い。また、集積化に際しては溝の一端にトランジスタを形成しておくことも可能である。

【0057】次に、上述の光偏向器の作製工程の一例を図21をもとに説明する。図21は、本発明の光偏向器の第4実施例の作製工程図を用いて説明する。

【0058】まず、図21(A)に示すようにSiからなる基板101上にV型溝を上述した異方性エッチングにより形成した。本実施例では第1実施例と同様の基板を用いた。

【0059】次いで、図21(B)に示すようにSi基板上に絶縁層93として $1\mu m$ の熱シリコン酸化膜を形成し、そしてA1膜194をスパッタリング法により1000Å成膜し、フォトリソグロフィ106を塗布、露光、現像しパターンニングしてマスクとして用いた。

15

【0060】そして、図21(C)に示すようにA1膜194をBCl₃とCl₂との混合エッチングガスによりRIEにてパターニングを行い固定電極74を形成した。さらに、溝90に樹脂である溝埋め込みレジスト196を塗布して埋め込んだ後に、CF₄ガスを用いたRIEによるエッチバックを行い溝埋め込みレジスト196を基板面と同一面と成るまで平坦化した。このように本実施例の光偏向器ではスペーサ部を形成しない。

【0061】次に電気導電性を有するたわみ板91bとなるA1膜192をスパッタリング法を用いてアルミニウム(A1)をアルゴンによりスパッタリングし100Å薄膜堆積した。さらに、図21(D)に示すように、A1膜192上にフォトレジスト107(日立化成、ネグレジスト、商品名RD2000N)を塗布、露光し、レジストパターンの断面が逆テーパ形状となるように現像した。

【0062】次に、図21(E)に示すように真空電子ビーム蒸着法によりA1膜191を3000Å成膜した。

【0063】そして、図21(F)に示すようにフォトレジスト107を剥離液により剥離除去することによりフォトレジスト107上のA1膜191をリフトオフし、ミラー91aおよびコンタクト99を形成した。リフトオフを行うにあたり、溝90の埋め込みに用いた溝埋め込みレジスト196が剥離液により剥離しないことが必要であり、例えばポリイミド、ポリアミド等を使用すれば良い。次に、たわみ板及びコンタクトをフォトレジスト108で覆い、A1膜192をBCl₃とCl₂との混合エッチングガスによりRIEにてパターニングを行う。

【0064】引き続きRIEを用いて酸素プラズマによりA1膜194上部のフォトレジスト108およびミラー91a下部の溝埋め込みレジスト196をエッチング除去し、図21(G)に示す本実施例の光偏向器を作製した。

【0065】以上の作製工程にて、図19、20に示した本実施例の光偏向器を作製した。このように基板に溝を形成し、ミラー91aの厚みに比べて薄くたわみ可能なたわみ板91bを設けることでスペースのとらない光偏向器となる。スペーサをなくすことにより本実施例の光偏向器を複数配置した際の光偏向器の隣合う距離を短くでき、より高密度の光偏向器を配置することが可能であり、熱損傷等が発生しにくい熱耐性の高い光偏向器と成る。また、第1および第2実施例と同様に基板に溝を形成したことにより偏向角度を大きく取れると同時に低電圧化を図ることも可能となった。また、スペーサとしてフォトレジストを用いる場合、有機溶媒にて適当な粘度に希釈されたフォトレジストを塗布するため、使用するに伴い粘度の変化が生じスペーサの厚みが変化した際に偏向角度にずれが生ずる可能性がある。このため、十

16

分なプロセスコントロールが必要である。ところが、本実施例の光偏向器にあつてはスペーサを形成する必要がないため、製造上の歩留り低下を招くことがない優れた光偏向器となる。

【0066】以上、実施例を用いて本発明の光偏向器の構成、作製工程及び動作について説明した。第1乃至第4実施例において固定電極を基板上に絶縁層を介して形成したが、基板がガラス等の電気的絶縁性を有するものであれば絶縁層を設ける必要はない。さらに、基板としてシリコン(Si)等の半導体材料を用いる場合、固定電極としてイオン注入等により不純物導入した拡散層を用いることが可能である。第3実施例の作製方法では溝の埋め込みおよびスペーサの材料としてのシリコン酸化膜を用いたが第1、4実施例と同様にフォトレジストまたはレジストを用いて酸素プラズマにより除去しても良い。図12、図16、図19に示したようなコンタクトを有する構造では、溝埋め込みの材料としてフォトレジストまたはレジストを用いる場合、それらを溶解する溶剤を用いても構わない。また、実施例を通じて溝の埋め込みまたは溝の埋め込みおよびスペーサの材料としてフォトレジストやシリコン酸化膜を用いたが特に限定されるものではない。他の材料として、TiまたはTi/Wからなる金属合金薄膜を抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法などの真空蒸着法により成膜し、図9および図12では空隙形成材料の除去に過酸化水素水を用いてエッチング除去することによって同様の本発明の光偏向器を形成することが可能である。この場合、固定電極および機械可動部はエッチングされない材料を用いる。また、溝を埋め込む材料とスペーサの材料は同一である必要はなく、第4実施例で示したような方法で溝を埋め込んだ後に新たに他の材料でスペーサを形成してもよい。電気導体薄膜としてAl、Au及びイオン注入にて低抵抗にしたポリシリコン膜を用いたが、溝の埋め込みおよびスペーサの材料を除去する際に光偏向器の構成要素となるミラー、固定電極、誘電体薄膜等がエッチングされない材料であればAl、Ag、Cu、Ga、Ge、In、Si等の金属、半金属および低抵抗の電気的導電性を有する半導体であればいずれを用いることも可能である。ミラーに用いる薄膜材料としては、偏向すべき光の波長により反射率の高い材料を選択する必要がある。よって、ミラーに用いる材料として好ましくは、赤外から紫外域に高反射率となるAg、Al、Ni、Pt、Au、Cu、Ti、Co、Zn等の金属材料である。これら金属材料は単元素に規定されるものではなく、2種類以上の金属元素からなる合金化された金属を用いてもよいことは言うまでもない。第2実施例にて誘電体薄膜を用いたが、誘電体薄膜は作製工程例で用いたAlN膜に限定されたものでなくSiO₂、Si₃N₄、ZrO₂、TiO₂、MgO、Al₂O₃、SiC、SiON、ZnO、Ta₂O₅等の電気的絶縁性を有する材料であれば良

10

20

30

40

50

い。第2実施例において固定電極への印加電圧を低減するには、誘電率の大きな誘電体材料を用いることにより達成できる。すなわち、静電引力は誘電率に比例することから、誘電率を大きく取れる絶縁性を有する誘電体薄膜材料を用いることによりミラーと誘電体薄膜の面接触を行うに必要な電圧を低減することが可能となる。強誘電体材料としては TiBaO 、 PbZrTiO 、 PbTiO 等の薄膜作製ができる材料であればよい。また、誘電体薄膜として有機高分子薄膜を用いても良く、空隙を作製する際に誘電体薄膜として用いる有機高分子薄膜のエッチングが起らない空隙材料を用いれば良い。また、溝の埋め込みに関しては、フォトリソトまたはレジスト（樹脂）の塗布とエッチバックの組み合わせおよびバイアス・スパッタリング法による平坦化技術を用いた。他の方法としては有機シリコンをソースとした、例えば TEOS (tetra ethyl ortho silicate: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)等の材料を化学気相成長法(CVD法)またはプラズマCVDにより溝を埋め込み平坦化する方法(月間Semiconductor World, 1992, 1, pp140-173)を用いても良い。

【0067】次に本発明の光偏向器を用いた応用例である表示装置の例を示す。図22は図12に示した第1実施例の構成を有する光偏向器を一基板上にアレイ化したマイクロミラーアレイからなる表示装置の一例を示した図である。図23は、図22に示した表示装置の静電印刷への応用例を示す図である。

【0068】各ミラー202の下部には図示していないが独立に固定電極が配置されており、個々の光偏向器は独立に光の偏向および偏向光量を制御することが可能となっている。隣合うミラー202どうしのコンタクトを共通に取るコンタクト209が基板上に設けられている。このような表示装置201の静電印刷への応用例を図23に示す。光源212からの光は、レンズ213を介して表示装置201に照射される。表示装置201の各光偏向器は、画像情報に応じて独立して個々の固定電極に電圧を印加してミラーを制御し、ミラーを通じて入射光をレンズ214に偏向し感光体ドラム215上に偏向光を結像させる。静電印刷は従来と同様の方法を用いて画像が形成される。本発明の表示装置ではミラー偏向角度を大きく取ることができ、低電圧なのでミラーを駆動する消費電力が小さい小型の表示装置となっている。

【0069】さらに、図24は図22の表示装置を2次元アレイ化した平面図であり、図25は図16または図19の光偏向器を2次元アレイ化した表示装置の平面図である。これらの図に示す表示装置221、表示装置231を用いることにより投射型ディスプレイへ応用することが可能となる。これら表示装置は実施例で示した光偏向器の1つが1つの画素を形成する。また、コンタクトは夫々の光偏向器に応じてコンタクト229、共通コンタクト239のように配置してある。

【0070】図26は図24に示した本発明の表示装置

を投射型ディスプレイに応用した際の光学系の一例を示した図である。照明系242からの光を表示装置221により、所望の画像データを各ミラーにより反射し、投射レンズ243および絞り244を介してスクリーン245に投影する。画像表示を行わない場合はミラーの角度により遮光板246の方向に偏向する(図4における反射方向4)。本発明の光偏向器を用いた表示装置により、一画素が一ミラーからなる投射型ディスプレイが作製できた。この表示装置により形成される画像データをカラー化するには、図26で示す光学系および表示装置を3つずつ設けて各々の表示装置221(図24参照)の光路の前または後にそれぞれ異なる色素からなるRED(R)、GREEN(G)、BLUE(B)の各カラーフィルターを配置し、同一スクリーン上に投影することによりカラー化が達成できる。

【0071】図27は図26に示す表示装置のカラー化を達成するためのカラーフィルターの図であり、図28は図27に示すカラーフィルターを用いた光学系を示した図である。カラー化のための他の光学系としては、図28に示すように光路上で表示装置の前または後にRGBからなる3色のカラーフィルター(図27に示す)を一体化したカラーフィルター247を配置し回転軸248を中心に回転することによりカラー化が可能となる。この際に表示装置は各色に応じて同期しつつ独立して画像を形成することとなる。これにより図26の光学系において3つの表示装置が必要であったが1つの表示装置でカラー投射型ディスプレイが作製可能となった。

【0072】

【発明の効果】以上説明したような本発明の光偏向器によれば、基板上に機械可動部に備えられた光偏向板の少なくとも一方の自由端が入る溝が穿設されたことで、基板と機械可動部との間の空隙間隔を長くしなくても、偏向角度を大きく取れると同時に低電圧にて光偏向板の駆動が可能となる。

【0073】また、基板へ溝形成を行うことにより空隙を設けるためのスペーサを必要としない光偏向器を作製することが可能となり、作製上の工程管理の容易な構造が提供できる。

【0074】さらに、固定電極上に誘電体薄膜を設け、光偏向板の一方の面を固定電極上に設けた誘電体薄膜に面接触することにより、膜応力などによる光偏向板面の反りによる偏向角のずれをなくすることができる。

【0075】そして、本発明の光偏向器をアレイ化することにより小型で安価な表示装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光偏向器の第1実施例を示す平面図である。

【図2】図1のA-A線断面図である。

【図3】本発明の光偏向器の第1実施例の動作原理を示す動作説明図である。

【図4】本発明の光偏向器の第1実施例の動作による偏向動作図である。

【図5】本発明の光偏向器における溝の作成方法を示す図である。

【図6】本発明の光偏向器における溝の作成方法を示す図である。

【図7】本発明の光偏向器における溝の作成方法を示す図である。

【図8】本発明の光偏向器の第1実施例の作成工程を示す工程図である。

【図9】本発明の光偏向器の第1実施例における固定電極を基板面上に配置した場合の図である。

【図10】本発明の光偏向器の第1実施例における固定電極を基板面上に配置するとともに、溝形状を凹型にした場合の図である。

【図11】本発明の光偏向器の第1実施例における固定電極を基板面上に配置するとともに、溝形状を凹型にした場合の図である。

【図12】本発明の光偏向器の第1実施例の支持部の他の構成を説明する斜視図である。

【図13】本発明の光偏向器の第2実施例の構成を説明するための断面図である。

【図14】本発明の第2実施例の他の構成を説明するための断面図を示す。

【図15】本発明の第2実施例の作製工程図である。

【図16】本発明の光偏向器の第3実施例の構成を説明するための斜視図である。

【図17】図16に示す光偏向器の断面図である。

【図18】本発明の光偏向器の第3実施例の作製工程図である。

【図19】本発明の光偏向器の第4実施例の構成を説明するための斜視図である。

【図20】図19に示す光偏向器の断面図である。

【図21】本発明の光偏向器の第4実施例の作製工程図を用いて説明する。

【図22】図12に示した第1実施例の構成を有する光偏向器を一基板上にアレイ化したマイクロミラーアレイからなる表示装置の一例を示した図である。

【図23】図22に示した表示装置の静電印刷への応用例を示す図である。

【図24】図22に示した表示装置を2次元アレイ化した平面図である。

【図25】図16または図19に示した光偏向器を2次元アレイ化した表示装置の平面図である。

【図26】図24に示した表示装置を投射型ディスプレイに応用した際の光学系の一例を示した図である。

【図27】図26に示す表示装置のカラー化を達成するためのカラーフィルターの図である。

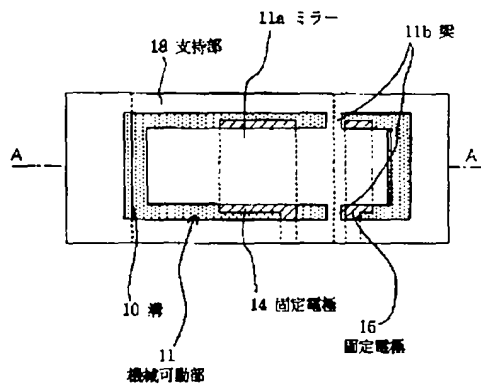
【図28】図27に示すカラーフィルターを用いた光学系を示した図である。

【図29】従来の光偏向器を示す図である。

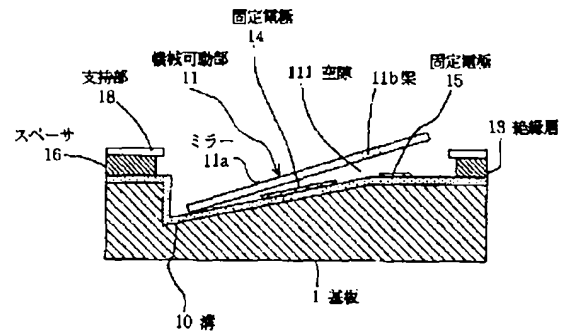
【符号の説明】

- 1 基板
- 5 エッチングマスク
- 6 フォトレジスト
- 7 フォトマスク
- 8 ハーフトーン
- 10 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 溝
- 11a, 21a, 31a, 41a, 51a, 61a, 71a, 81a, 91a ミラー
- 11b, 21b, 31b, 41b, 51b, 61b, 71b 梁
- 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93 絶縁層
- 14, 15, 24, 25, 34, 35, 44, 45, 54, 55, 64, 65, 74, 75, 84, 94 固定電極
- 16, 26, 36, 46, 66, 76 スペース
- 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88 支持部
- 59, 89, 99, 209, 229 コンタクト
- 67, 77 誘電体薄膜
- 91b たわみ板
- 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 116, 176 フォトレジスト
- 30 111 空隙
- 114, 181, 184 ポリシリコン膜
- 117, 174, 191, 194 Al膜
- 171 Au薄膜
- 186 シリコン酸化膜
- 196 溝埋め込みレジスト
- 201, 221, 231 表示装置
- 212 光源
- 213, 214 レンズ
- 215 感光体ドラム
- 40 239 共通コンタクト
- 242 照明系
- 243 投影レンズ
- 244 絞リ
- 245 スクリーン
- 246 遮光板
- 247 カラーフィルター
- 248 回転軸

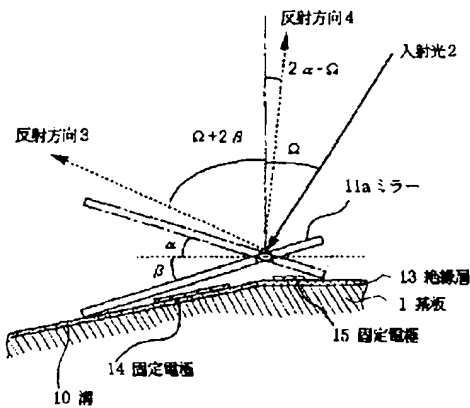
【図1】



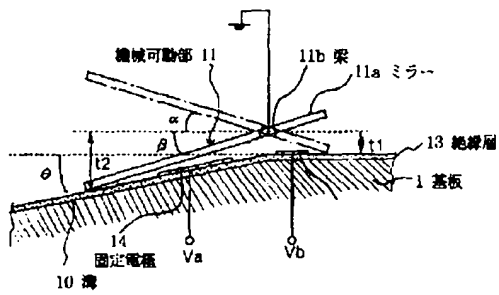
【図2】



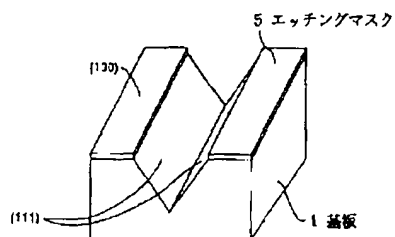
【図4】



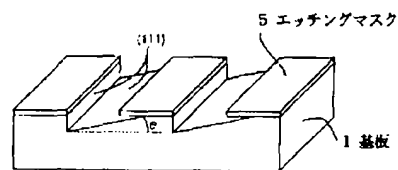
【図3】



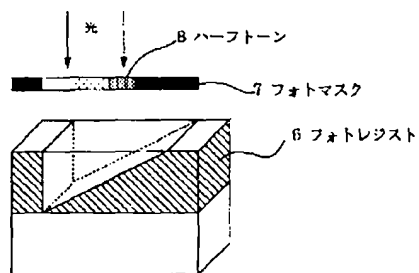
【図5】



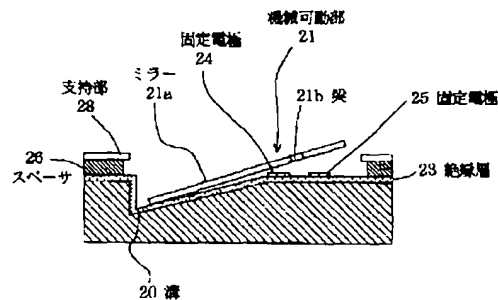
【図6】



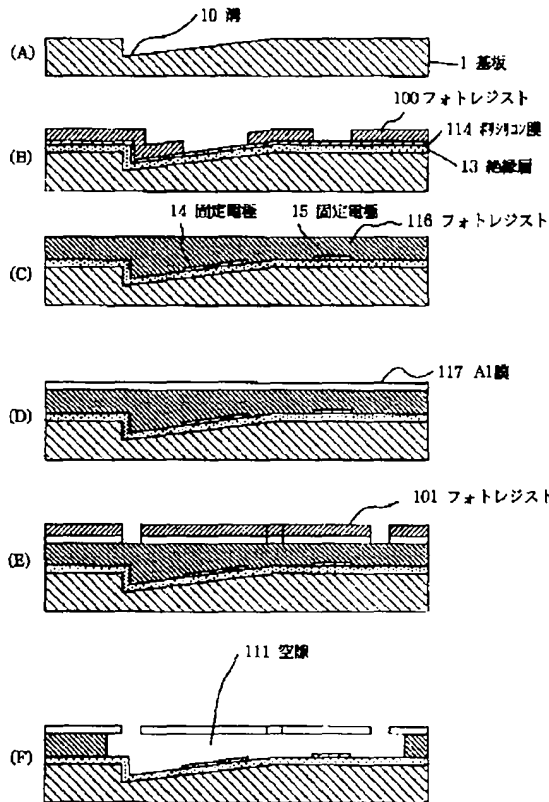
【図7】



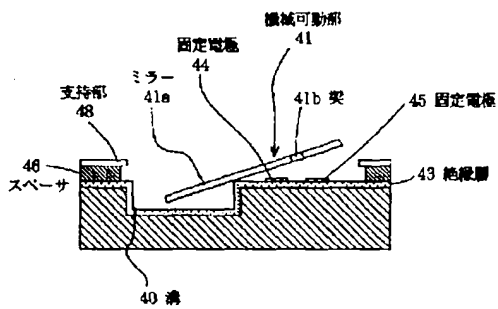
【図9】



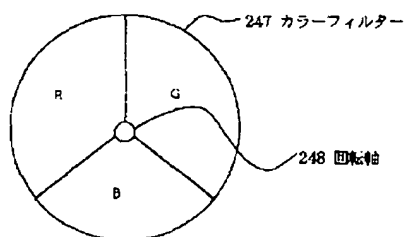
【図8】



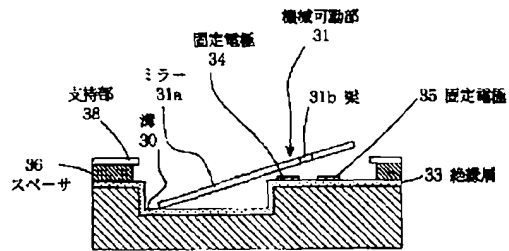
【図11】



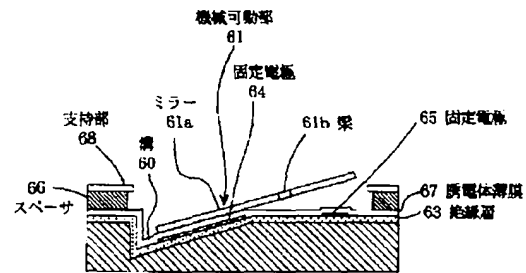
【図27】



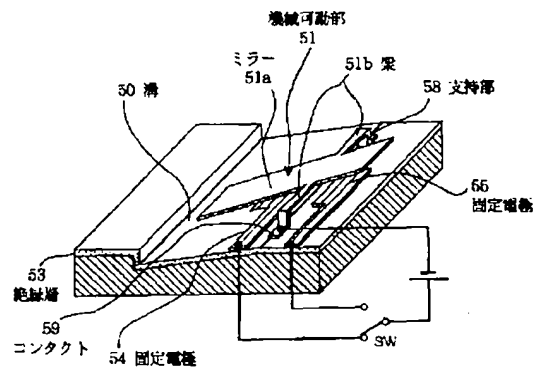
【図10】



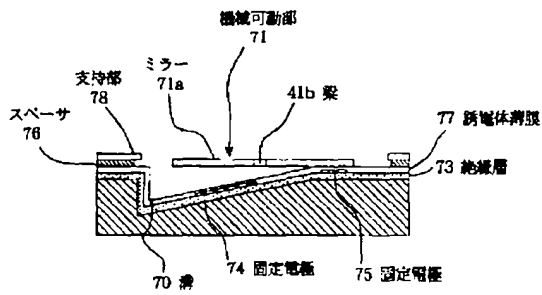
【図13】



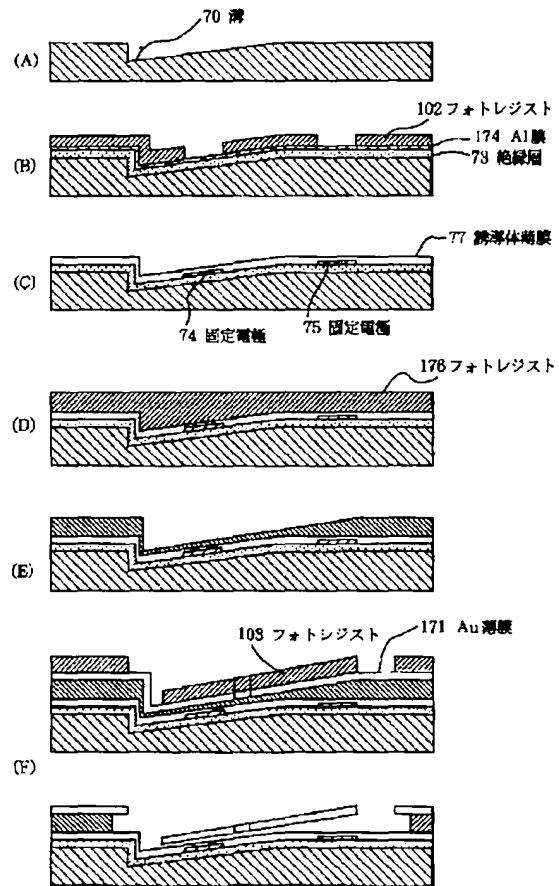
【図12】



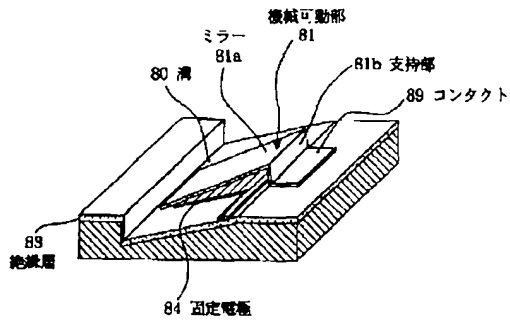
【図14】



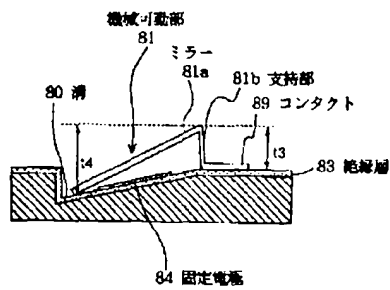
【図15】



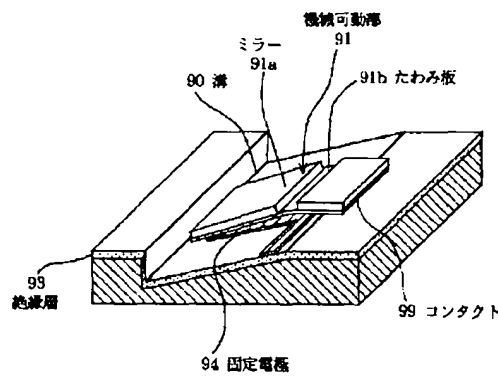
【図16】



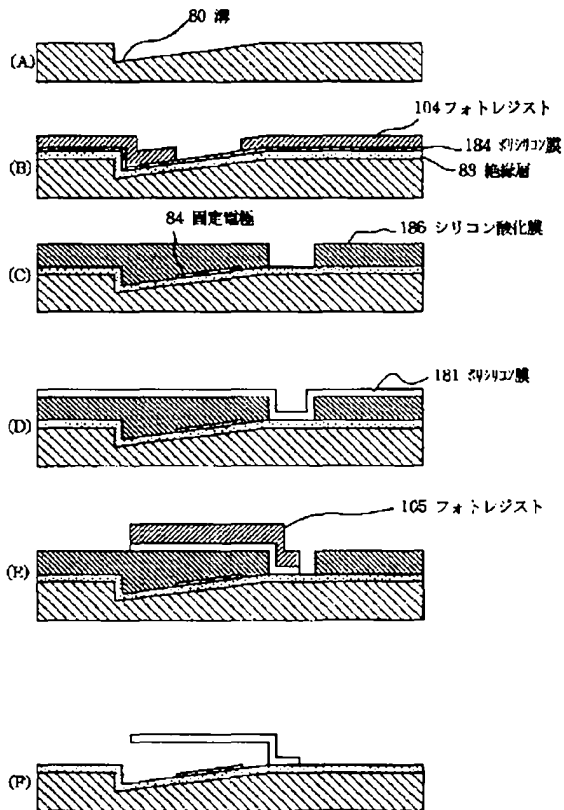
【図17】



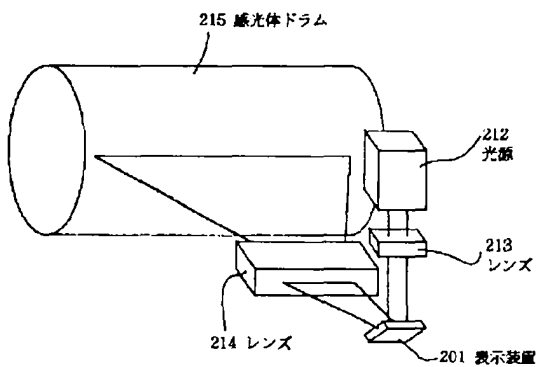
【図19】



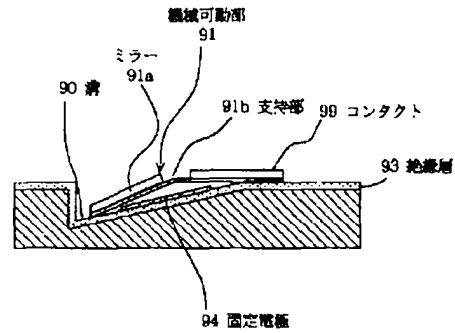
【図18】



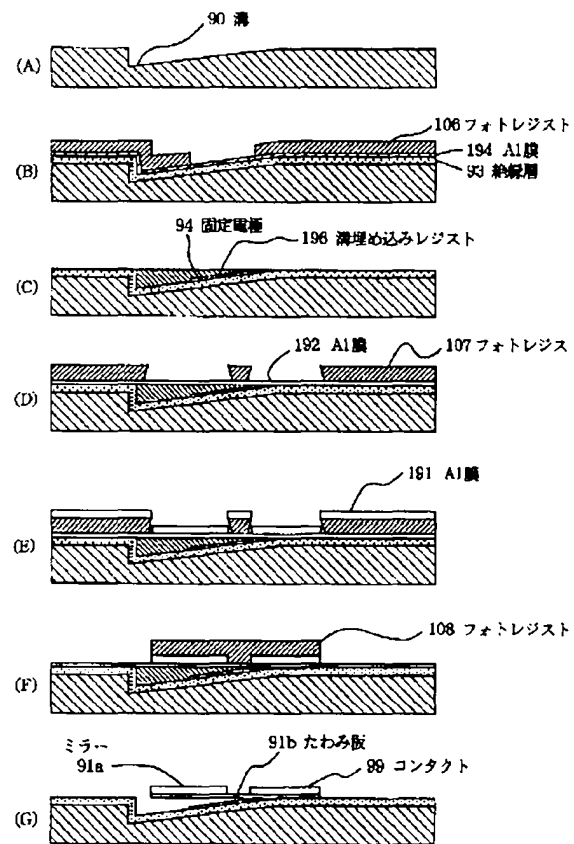
【図23】



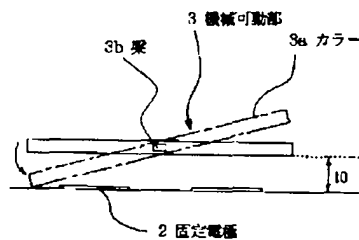
【図20】



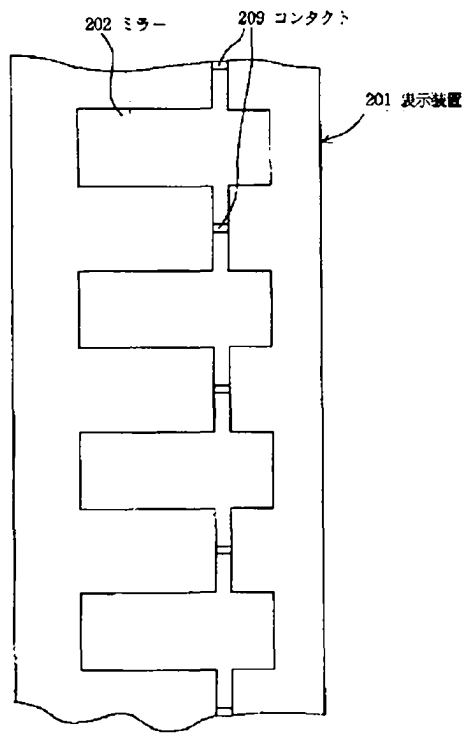
【図21】



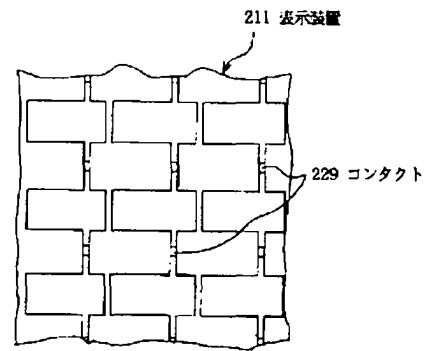
【図29】



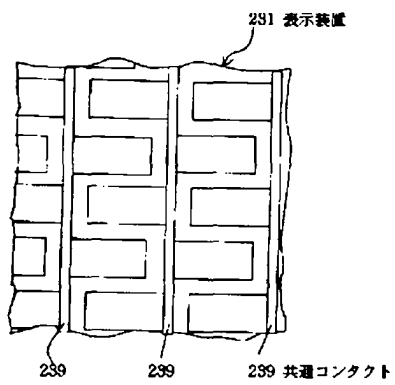
【図22】



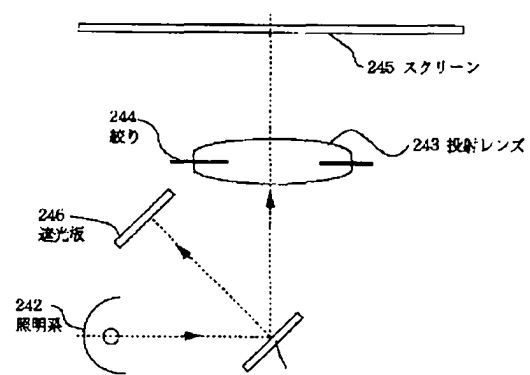
【図24】



【図25】



【図26】



【図28】

